

Etude préliminaire sur l'identification des espèces de bois d'ébène de Madagascar à partir des Spectres Proche InfraRouge des microcarottes de bois

RAOBELINA Andry Clarel¹, RAVOAHANGILALAO Nantenaina Maminirina¹, CHAIX Gilles^{2,3}, RAZAFIMAHATRATRA Andriambelo Radonirina¹, RASOAMANANA Lalaina Patricia¹, RAMANANANTOANDRO Tahiana¹

¹Université d'Antananarivo, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Antananarivo 101, Madagascar

²CIRAD – UMR AGAP Institut, Montpellier, France

³AGAP Institut, Univ Montpellier, CIRAD, INRA, Institut Agro, Montpellier, France

andryclarel@gmail.com

Mots clefs : *Diospyros* ; Ebène ; Spectroscopie Proche InfraRouge ; MicroNIR Viavi 1700 ; Support Vector Machine ; Madagascar ; Microcarottes de bois

Contexte et objectifs

Diospyros L. est un large genre comprenant actuellement 730 espèces recensées (Govaerts, 2020) d'arbres et d'arbustes qui sont distribués notamment dans les zones tropicales. Il existe 255 espèces de *Diospyros* à Madagascar dont trois sont non endémiques (Schatz et Lowry, 2020, Schatz *et al.*, 2021). Quatre-vingt-deux espèces sont des grands arbres et sont potentiellement exploitables (Schatz *et al.*, 2021). La principale méthode d'identification des essences appartenant au genre *Diospyros* consiste à l'analyse morphologique des organes foliaires et les organes reproducteurs. Les fleurs et les fruits ne sont pourtant pas présents sur l'arbre en dehors des saisons de floraison et de fructification, ou sur les rondins de bois saisis en forêts ou au niveau des ports. Il est alors difficile d'identifier sans ambiguïté certaines espèces d'ébènes lorsque les organes reproducteurs sont absents. Le développement d'outil comme la Spectroscopie Proche InfraRouge pour identifier ces essences uniquement à partir des signatures spectrales de leurs bois (Tsuchikawa *et al.*, 2003 ; Tsuchikawa and Kobori, 2015 ; Snel *et al.*, 2018) constitue alors un intérêt crucial. L'efficacité de la méthode SPIR sur l'identification des bois précieux de Madagascar appartenant au genre *Dalbergia* a été déjà mise en exergue dans plusieurs études (Raobelina *et al.*, 2021). A notre connaissance, très peu d'études ont été effectuées jusqu'à ce jour sur l'utilisation de la méthode SPIR dans la discrimination des essences d'ébènes, en particulier dans le contexte malgache. D'autant plus que la couleur des bois d'ébène est très sombre. L'objectif de cette étude est alors d'évaluer la potentialité d'un microspectromètre pour discriminer trois espèces d'ébène d'intérêt commercial de Madagascar (*D. analamerensis* H. Perrier, *D. chitoniophora* Capuron ex A.G. Linan, G.E. Schatz & Lowry et *D. clusiifolia* G.E. Schatz & lowry) à partir des spectres d'absorbance de leurs bois.

Matériels et méthodes

Un total de 50 carottes de bois (un carotte par arbre, Fig. 1) appartenant aux trois espèces de *Diospyros* (Tab. 1) a été collecté dans la région Diana, localisée dans la partie Nord de Madagascar. L'identification des échantillons a été effectuée par des taxonomistes de la Missouri Botanical Garden (MBG) de Madagascar et de la Musée National d'Histoire

Naturelle (MNHN) de France. La surface des carottes a été rafraîchie en utilisant des papiers abrasifs (P120 et P180).



Fig. 1 : Microcarottes de bois de *Diospyros analamarensis*

Les carottes ont été ensuite conditionnées à 12% d'humidité en utilisant une enceinte climatique réglée à une température de 20°C et une humidité relative de 65%. Six replicats spectraux ont été mesurés sur la partie duramen de chaque carotte, depuis la moelle vers l'écorce, en utilisant un spectromètre Viavi MicroNir 1700 (gamme spectrale 900 à 1700 nm, 125 longueurs d'onde). Au total, 300 spectres ont été mesurés sur l'ensemble des 50 carottes de bois (Tab. 1).

Les traitements de données ont été réalisés sur le logiciel R, version 4.0 avec le package rnirs v. 1.9-18 (Lesnoff, 2021). Les spectres ont été prétraités pour améliorer le signal spectral. Une analyse en composantes principales (ACP) a ensuite été effectuée sur les données spectrales prétraitées, pour la gamme 950 nm – 1650 nm afin d'évaluer le regroupement des spectres en fonction des espèces et d'identifier les éventuels spectres aberrants.

L'ensemble des données spectrales a été partagé aléatoirement en un jeu de spectres d'étalonnage (3/4) et un jeu de spectres de validation (1/4). Un modèle de discrimination a ensuite été étalonné à partir du jeu de données d'étalonnage en utilisant la méthode de classification supervisée *Support Vector Machine* (SVM). Le meilleur modèle a ensuite été appliqué pour prédire les classes de références des spectres du jeu de validation. La performance du modèle a été évaluée par le pourcentage de spectres bien classés issu de la validation indépendante.

Tab. 1 : Nombre de carottes/ spectres pour les trois espèces de *Diospyros*

Nombre de microcarottes/nombre de spectres			
Espèce	Jeux de données d'entraînement	Jeux de données d'étalonnage	Jeux de données de validation
<i>D. analamarensis</i>	17/ 102	13/ 78	4/ 24
<i>D. chitoniphora</i>	18/ 108	14/ 84	4/ 24

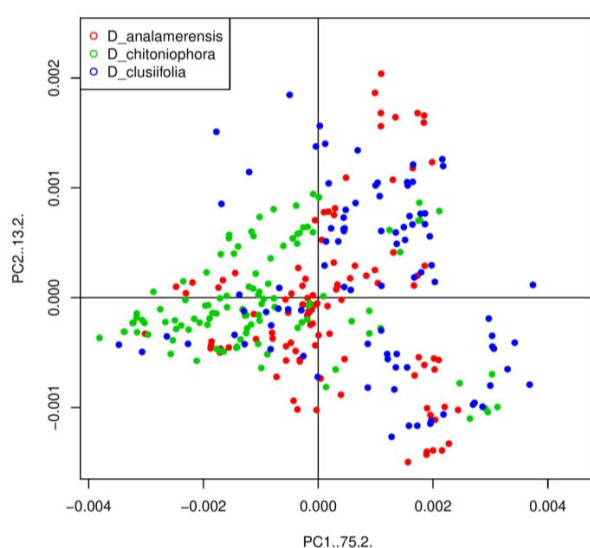
<i>D. clusiifolia</i>	15/ 90	11/ 66	4/ 24
-----------------------	--------	--------	-------

Résultats et discussions

La Fig. 2 représente les coordonnées factorielles des spectres prétraités avec un lissage suivi de la dérivation seconde de Savitzky-Golay (largeur de fenêtre W=15 points) dans le plan formé par les deux premières composantes principales (CP1=75,2% ; CP2=13,2%) pour les trois espèces de *Diospyros*. Il n'y a pas de groupement distinct de spectres selon les espèces dans le plan CP1-CP2 issu des résultats de l'ACP (Fig. 2).

Le modèle de discrimination issu de la classification supervisée par la méthode SVM permet de séparer les trois espèces, avec un pourcentage global de spectres bien classés en validation indépendante de 94,4% (Tab. 2). Cette nette séparation des trois espèces pourrait s'expliquer par leur empreinte spectrale spécifique à la chimie de leur bois et démontrerait que leurs situations taxonomiques est stable. En effet parmi les espèces d'ébènes de Madagascar, *D. analamerensis*, *D. chitoniophora* et *D. clusiifolia* sont déjà bien décrites au niveau taxonomie (Perrier de la Bathie, 1952 ; Schatz *et al.*, 2021). Les trois espèces de *Diospyros* se distinguent également entre elles sur la base des spectres de la partie duramen de leurs bois, avec un succès d'identification de 100%, 96% et 88% (Tab. 2), respectivement pour *D. analamerensis*, *D. chitoniophora* et *D. clusiifolia*. En terme d'espèce et non de spectres, hypothèse que si 4 ou plus des 6 spectres sont bien classés, l'espèce prédite est la bonne. Seulement une carotte de *D. clusiifolia* (RIR3198) est mal classée en *D. analamerensis* dont trois des replicats spectraux sont malprédits.

Tab. 2 : Matrice de confusion en validation indépendante pour le modèle de discrimination SVM



		Classes de références		
		<i>D. analamerensis</i>	<i>D. chitoniophora</i>	<i>D. clusiifolia</i>
Classes prédites	<i>D. analamerensis</i>	24	3	3
	<i>D. chitoniophora</i>		21	
	<i>D. clusiifolia</i>			21
% spectres bien classés		100	88	88
		94,4		

Fig. 2 : Carte factorielle issue de l'ACP à partir des spectres prétraités avec SG2 (W=15)

Conclusion et perspectives

Les espèces *D. analamerensis*, *D. chitoniophora* et *D. clusifolia* présentent des configurations spectrales proches sur la base des résultats de l'Analyse en Composante Principale à partir des spectres PIR de la partie duramen de leurs bois dans la région 950 nm – 1650 nm. Une séparation plus évidente des trois espèces a pourtant été observée issue d'une classification supervisée en utilisant la méthode *Support Vector Machine*. Les résultats issus de la présente étude, notamment pour le cas des spectres qui ont été mal classés par le modèle devront être comparés avec ceux des autres méthodes d'identification qui sont utilisées à Madagascar dont l'anatomie du bois et la méthode moléculaire afin de vérifier la cohérence des résultats. Le réétalonnage des modèles sera également effectué ultérieurement pour rajouter davantage d'espèces dans le lot d'échantillons d'étalonnage dans une finalité d'inclure toutes les essences d'ébènes qui sont potentiellement exploitables.

Remerciements

Cette étude est financée par la Délégation de l'Union Européenne à Madagascar. dans le cadre du programme Rindra (...) et du projet G3D (Gestion Durable des Bois précieux *Dalbergia* et *Diospyros* de Madagascar). Les auteurs adressent leurs remerciements à l'équipe de l'UFR Sciences du Bois de l'ESSA-Forêts, l'équipe des anatomistes de la MBEV de la faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo, et l'équipe des taxonomistes et botanistes de terrain de la MBG Madagascar et de MNHN Paris pour leurs contributions à cette étude. Remerciement au CIRAD pour son appui dans le cadre de l'Actions incitatives – Appui aux thésards du Sud.

Références

- Govaerts R., 2020, World checklist of Ebenaceae, Facilitated by the Royal Botanical Gardens, Kew. [<http://wcsp.science.kew.org>].
- Lesnoff, M. 2021. R package rnirs: Dimension reduction, Regression and Discrimination for Chemometrics. <https://github.com/mlesnoff/rnirs>. CIRAD, UMR SELMET, Montpellier, France
- Perrier de la Bathie, H. 1952. Révision des Ebenacees de Madagascar et des Comores. Mém. Inst. Sci. Madagascar, Sér. B, Biol. Vég. 4(1): 93–154.
- Schatz G. E., P. P. Lowry II, Rakouth H. H. and Randrianaivo R., 2021, Taxonomic studies of *Diospyros* (Ebenaceae) from the Malagasy region. VI. New species of large tree from Madagascar. *Candollea*, 76 (2) : 201 – 236, DOI: <http://dx.doi.org/10.15553/c2021v762a3>
- Raobelina A.C., Chaix G., Razafimahatratra A.R., Ramanantoandro T. (2021), Discrimination of three commercial valued *Dalbergia* species from Madagascar using Near-InfraRed-Spectroscopy, toward the development of an identification tool for supporting CITES enforcement, Virtual meeting of the ATBC; July 21-23, 2021 (oral presentation), <https://www.atbc2021.org/program>
- Schatz, G. E. & P.P. Lowry II. 2020. Taxonomic studies of *Diospyros* L. (Ebenaceae) from the Malagasy region. IV. Synoptic revision of the Squamosa group in Madagascar and the Comoro Islands. *Adansonia*, sér. 3, 42: 201–218.

10^{es} journées du GDR 3544 « Sciences du bois » - Montpellier, 17-19 novembre 2021

Snel FA, Braga JWB, da Silva D, Wiedenhoeft AC, Costa A, Soares R, Coradin VTR, Pastore TCM, (2018) Potential field-deployable NIRS identification of seven Dalbergia species listed by CITES. *Wood Sci Technol* 52(5):1411-1427.

Tsuchikawa S, Kobori H (2015) A review of recent application of near infrared spectroscopy to wood science and technology. *J Wood Sci* 61(3):213–220.

Tsuchikawa S., Inoue ., Noma J. and Hayashi K. (2003) Application of near-infrared spectroscopy to wood discrimination. *J Wood Sci* (49) : 29-35